

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-300956

(43)Date of publication of application : 13.11.1998

(51)Int.CI. G02B 6/122

(21)Application number : 09-112236

(71)Applicant : NOK CORP

(22)Date of filing : 30.04.1997

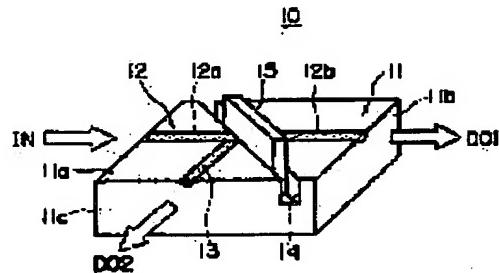
(72)Inventor : TOYAMA JIRO  
TAKATSU ICHIRO  
YAMADA TAKESHI  
USHIJIMA SHINJI

## (54) OPTICAL BRANCHING WAVEGUIDE AND OPTICAL WAVEGUIDE CIRCUIT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide the optical branching waveguide and optical waveguide circuit which are easily manufactured, small-sized, and low-cost.

**SOLUTION:** On a substrate 11, two 1st and 2nd linear light guides 12 and 13 are formed crossing each other at a specific angle, a groove 14 which is at a specific angle to the light guides and deeper than the 1st and 2nd light guides 12 and 13 is formed including the intersection area of the 1st and 2nd light guides 12 and 13, and into the groove 14, an optical element 15 having a partially reflecting and partially transmitting function for transmitting and guiding part of incident light guided in the 1st light guide 12a to the 1st light guide 12b and also reflecting and guiding part of the incident light to the 2nd light guide 13 is inserted including the areas of intersection of at least the groove 14 with the 1st and 2nd light guides 12 and 13.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-300956

(43) 公開日 平成10年(1998)11月13日

(51) Int. C1.<sup>6</sup>

G 02 B 6/122

識別記号

F I

G 02 B 6/12

A

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-112236

(22) 出願日 平成9年(1997)4月30日

(71) 出願人 000004385

エヌオーケー株式会社

東京都港区芝大門1丁目12番15号

(72) 発明者 外山 二郎

茨城県つくば市和台25 エヌオーケー株式  
会社内

(72) 発明者 高津 一郎

茨城県つくば市和台25 エヌオーケー株式  
会社内

(72) 発明者 山田 武司

茨城県つくば市和台25 エヌオーケー株式  
会社内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 隆久

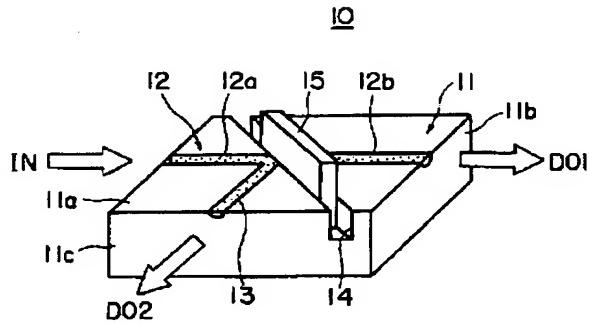
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光分岐導波路および光導波路回路

(57) 【要約】

【課題】製作が容易な小型で低コストの光分岐導波路および光導波路回路を提供する。

【解決手段】基板1-1に対して、直線状をなす2本の第1の光導波路1-2および第2の光導波路1-3を、所定の角度で交差させて形成し、第1の光導波路1-2と第2の光導波路1-3との交差領域を含むように、光導波路と所定の角度をなし、深さが第1および第2の光導波路1-2, 1-3の深さ以上に設定した溝1-4を形成し、溝1-4には、少なくとも溝1-4の第1の光導波路1-2と第2の光導波路1-3との交差領域を含むように、第1の光導波路1-2aを導波された入射光の一部を透過させて第1の光導波路1-2bに導波させるとともに、入射光の一部を反射して第2の光導波路1-3に導波させる部分反射・部分透過機能を有する光学素子1-5を挿入した。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板(11)と、

上記基板(11)に形成された第1の光導波路(12)と、

上記基板(11)に上記第1の光導波路(12)と所定の角度をもって交差するように形成された第2の光導波路(13)と、

上記第1の光導波路(12)と上記第2の光導波路(1

3)との交差領域に設けられ、第1の光導波路(12

a)を導波された入射光の一部を透過させて当該第1の光導波路(12b)に導波させるとともに、上記入射光の一部を反射して上記第2の光導波路(13)に導波させる光学素子(15)とを有する光分岐導波路。

【請求項2】 基板(11)と、

上記基板(11)に形成された第1の光導波路(12)と、

上記基板(11)に上記第1の光導波路(12)と所定の角度をもって交差するように形成された第2の光導波路(13)と、

上記基板(11)の少なくとも上記第1の光導波路(12)と上記第2の光導波路(13)との交差領域に形成された溝(14)と、

少なくとも上記溝(14)の上記第1の光導波路(12)と上記第2の光導波路(13)との交差領域に挿入され、第1の光導波路(12a)を導波された入射光の一部を透過させて当該第1の光導波路(12b)に導波させるとともに、上記入射光の一部を反射して上記第2の光導波路(13)に導波させる光学素子(15)とを有する光分岐導波路。

【請求項3】 上記溝と光導波路とは、上記第1の光導波路から入射された光の上記光学素子による光反射角度と、上記第2の光導波路が上記第1の光導波路となす角度とが一致するように形成されている請求項2記載の光分岐導波路。

【請求項4】 上記光学素子は、導波光に対して透明な有機フィルムに光学薄膜が形成されて構成されている請求項1、2または3記載の光分岐導波路。

【請求項5】 上記光学素子は、導波光に対して透明な無機材料からなる薄板に光学薄膜が形成されて構成されている請求項1、2または3記載の光分岐導波路。

【請求項6】 上記光学薄膜は、多層干渉膜または金属膜である請求項4または5記載の光分岐導波路。

【請求項7】 上記基板は、電気光学効果を有する部材からなる請求項1～6のいずれかに記載の光分岐導波路。

【請求項8】 上記基板は、圧電効果を有する部材からなる請求項1～6のいずれかに記載の光分岐導波路。

【請求項9】 上記光学素子の光を透過および反射させる光分岐比が1：1である請求項1～8のいずれかに記載の光分岐導波路。

2

【請求項10】 請求項1～9に記載の光分岐導波路を少なくとも一組有し、その入力部または出力部の少なくとも一つの光導波路に他の光分岐導波路の光導波路を接続した光導波路回路。

【請求項11】 請求項8に記載の光分岐導波路を少なくとも一組有し、光導波路の一部に電気光学効果を発現させる電界を印加するための電極を有する光導波路回路。

【請求項12】 請求項9に記載の光分岐導波路を少なくとも一組有し、光導波路の一部に圧電効果を発現させる電界を印加するための電極を有する光導波路回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、たとえば光通信網や自動車等の光配線部品、あるいは産業用機器の光信号処理、光制御、光計測の光配線基板として用いられる光分岐導波路および光導波路回路に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光分岐導波路は、光ファイバ通信網の家庭端末配線の重要な光配線部品として、また、光ファイバ信号処理技術を応用した自動車の光配線、産業用機器の光信号処理、光制御、光計測の光配線基板として利用されている。

【0003】このような光分岐導波路は、一般的には、いわゆるY分岐として図5に示すように、たとえばニオブ酸リチウムからなる基板1に、一端側端面から光が入射される直線状の入力導波路2、および入力導波路1の他端側に対して所定角度をもって接続された2本の出力導波路3、4が形成されて構成される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のY分岐導波路は、通常シングルモード光を導波させるように設計される。このため、その接続部の形状、導波路の曲率、導波路長に設計上の制約があり、その回路長は長くなる。以下に、Y分岐導波路の回路長が長くなる理由について、図6に関連付けて説明する。

【0005】たとえば、ニオブ酸リチウムを使用した光分岐導波路の場合、シングルモードを維持しながら分岐するための分岐角が約1度と非常に小さく、入力導波路2と二つの出力導波路3、4とはほとんど直線状に接続される。また、導波路のコアとクラッドの屈折率の差を小さくしてシングルモード導波路としていることから、その1度の勾配を入力導波路2に平行な導波路として矩形基板1の端面に直交して引き出すためには、光の導波路外への漏洩を防ぐために、図6に示すように導波路の曲率Rを50mm以上にする必要がある。このため、曲率部として5mm～10mmの長さを必要とする。さらに、導波路の接続部では導波路幅が一入力導波路側からみて2倍になり、単純に接続すると、光の反射や伝送モードの変換により伝送損失が増大する。このため、接続部をテ

一パにしてゆるやかに伝送モードを変換するための余分な長さ数mmが必要になる。また、二分岐導波路側から直線状の入力導波路へ信号を伝送するためには接続点での伝送モードの乱れを緩和するために、直線状の入力導波路も一定以上の長さが必要となる。具体的には3mm以上が必要になる。したがって、上述したY分岐導波路では、全長が約15mm以上になる。この長さでは、基板1の幅は、その後の加工、部品の変形を配慮すると3mm以上となる。

【0006】一見この形状は小さく感じられるが、導波路幅が約 $5\mu m$ と半導体素子レベルであることを考慮すると、その幅の3000倍もの曲線を含む複雑な微細加工が必要であることになり、その加工精度は半導体素子を加工する以上の均一性が要求され、高いコストを要する。さらに、接続部の形状は、分岐特性、損失に影響するため、特に分岐中央錐状部は $0.1\mu m$ 程度の加工精度が必要になり、これもさらに高精度加工が必要となり、コストの増大を招く。

【0007】また、コストの低減のためには、一枚の材料基板から採れる素子数をより多くすることが必要だが、このサイズでは通常の半導体素子と比較して非常に少ない収量になる。一般に、光部品の製作には3インチ基板が用いられるが、上述した例では一基板から採れる部品数は百個以下と少なく、生産性が低く、コスト高である。これは同様な工程をとる多くの半導体素子が1mm角以下であることと比較して考えると、非常に生産性が悪く、コスト高である。

【0008】また、このY分岐導波路を多段接続して $1 \times 4$ 、 $1 \times 8$ 、 $1 \times 16$ 、 $\dots$ 、 $1 \times n$ の分岐回路を形成するとさらに収量が低下し、コストが上がり、また均一加工精度がより要求され、歩留りが低下するだけでなく、基板の大きさの制約により、部品製作が不可能になることにもなる。

【0009】以上説明したように、現在の光分岐導波路は、家庭端末用部品として実用化するには、その形状の複雑さ、寸法の大きさの点で生産性、コストの面で大きな不利益がある。

【0010】本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、製作が容易な小型で低成本の光分岐導波路および光導波路回路を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の光分岐導波路は、基板と、上記基板に形成された第1の光導波路と、上記基板に上記第1の光導波路と所定の角度をもって交差するように形成された第2の光導波路と、上記第1の光導波路と上記第2の光導波路との交差領域に設けられ、第1の光導波路を導波された入射光の一部を透過させて当該第1の光導波路に導波させるとともに、上記入射光の一部を反射して上記第2

の光導波路に導波させる光学素子とを有する。

【0012】また、本発明の光分岐導波路は、基板と、上記基板に形成された第1の光導波路と、上記基板に上記第1の光導波路と所定の角度をもって交差するように形成された第2の光導波路と、上記基板の少なくとも上記第1の光導波路と上記第2の光導波路との交差領域に形成された溝と、少なくとも上記溝の上記第1の光導波路と上記第2の光導波路との交差領域に挿入され、第1の光導波路を導波された入射光の一部を透過させて当該第1の光導波路に導波させるとともに、上記入射光の一部を反射して上記第2の光導波路に導波させる光学素子とを有する。

【0013】また、本発明では、上記溝と光導波路とは、上記第1の光導波路から入射された光の上記光学素子による光反射角度と、上記第2の光導波路が上記第1の光導波路となす角度とが一致するように形成されている。

【0014】また、本発明では、上記光学素子は、導波光に対して透明な有機フィルムに光学薄膜が形成されて構成されている。あるいは、上記光学素子は、導波光に対して透明な無機材料からなる薄板に光学薄膜が形成されて構成されている。そして、上記光学薄膜は、多層干渉膜または金属膜により構成される。また、上記光学素子の光を透過および反射させる光分岐比が $1:1$ である。

【0015】また、本発明では、上記基板は、電気光学効果を有する部材、あるいは圧電効果を有する部材により構成される。

【0016】本発明の光導波路回路は、上述した光分岐導波路を少なくとも一組有し、その入力部または出力部の少なくとも一つの光導波路に他の光分岐導波路の光導波路が接続されている。

【0017】また、本発明の光導波路回路は、基板として電気光学効果を有する光分岐導波路を少なくとも一組有し、光導波路の一部に電気光学効果を発現させる電界を印加するための電極を有する。

【0018】また、本発明の光導波路回路は、基板として圧電効果を有する光分岐導波路を少なくとも一組有し、光導波路の一部に圧電効果を発現させる電界を印加するための電極を有する。

【0019】本発明の光分岐導波路によれば、Y分岐導波路のように複雑なテープ形状の光導波路部分、大半径の曲線導波路部分をせず、光出力端部は光ファイバが接続できるように分離され、形状は従来の部品に較べ小型になる。また、比較的大きな交差角で製作されることから、分岐部の形状は比較的容易に得られる。また、損失、分岐比といった部品の特性は、部分透過・部分反射機能を有する光学素子に依存することから、特性の管理が容易になる。さらに、本光分岐導波路は、その機能の基本となる $1 \times 2$ の光分岐導波路回路として用いられる

ことは当然であるが、この機能を基板上に複数配置した  $1 \times N$  の光分岐導波路回路、他の光導波路回路と複合した光導波路回路、これに電気光学効果、圧電効果、表面弾性波効果を利用した光機能デバイスとして利用可能である。

#### 【0020】

【発明の実施の形態】図1および図2は、本発明に係る光分岐導波路の一実施形態を示す図であって、図1は実体構成を示す斜視図、図2は上面図である。

【0021】図に示すように、本光分岐導波路10は、たとえば使用波長に透明な基板11に対して、直線状をなす2本の第1光導波路12および第2の光導波路13が、所定の角度、たとえば数十から90度の比較的大きな角度で交差させて形成されている。また、基板11には、第1の光導波路12と第2の光導波路13との交差領域を含むように、光導波路と45度の角度をなし、幅が約30μm幅で、深さが第1および第2の光導波路12、13の深さ以上、たとえば10μm以上に設定された溝14が形成されている。そして、溝14には、少なくとも溝14の第1の光導波路12と第2の光導波路13との交差領域を含むように、第1の光導波路12aを導波された入射光の一部を透過させて第1の光導波路12bに導波させるとともに、入射光の一部を反射して第2の光導波路13に導波させる部分反射・部分透過機能を有する光学素子15が挿入されている。

【0022】第1の光導波路12の一端面が基板11の第1側面11aに臨み、この第1の光導波路12の一端面により光入射部が構成されている。また、第1の光導波路12の他端面が基板11の第2側面11bに臨み、第2の光導波路13の一端面が第1の光導波路12aの一部と交差し、第2の光導波路13の他端面が基板11の第3側面12cに臨むように構成されている。そして、第1の光導波路12の他端面および第2の光導波路13の他端面により分岐光DO1、DO2の光出射部が構成されている。

【0023】すなわち、図1および図2に示す光分岐導波路10では、第1の光導波路12の図中溝14を境にして左側部分12aにより入力導波路が構成され、第1の光導波路12の図中溝14を境にして右側部分12bおよび第2の光導波路13により分岐導波路が構成されている。

【0024】なお、溝14と光導波路とは、第1の光導波路12から入射された光の光学素子15による光反射角度と、第2の光導波路13が第1の光導波路12となす角度とが一致するように形成されている。

【0025】また、部分反射・部分透過機能を有する光学素子15は、たとえば導波光に対して透明な有機フィルムに光学薄膜が形成されて構成され、あるいは導波光に対して透明な無機材料からなる薄板に光学薄膜(半透過反射膜)が形成されて構成される。そして、光学薄膜

は、たとえば多層干渉膜または金属膜により構成される。

【0026】次に、上記光分岐導波路10の製造方法について簡単に説明する。なお、ここでは、光導波路としてSi基板上に形成したポリマ導波路を用いる場合を示す。

【0027】まず、Siウェハ上にクラッド層としてコア層より屈折率の低いポリマ、およびコア層のポリマをスピンドル等により塗布する。それぞれの厚膜は最終

10 的な導波路幅と厚膜の関係からシングルモード導波路となるように設計する。たとえば、コア層2μm、クラッド層3μmに設定される。この上に十字に交差した3～6μm好ましくは4～5μm幅のレジストパターニングをホトリソグラフィ工法により形成し、これを酸素ガス中でRIE処理してコア層のみをエッチングしてレジスト形状幅とコア層膜厚の矩形形状の光導波路を形成する。その後、その表面に再びクラッド層をスピンドル等により形成する。

【0028】次に、ダイシングソーで約30μmのメタルブレードを使用し直交する光導波路と45度の角度で基板に垂直な深さ10μm以上の溝を形成する。これに、リボン状の半透過反射膜を挿入して切断面に膜が密着するよう透明な接着剤を用いて固定する。その後、導波路に直角に交差点を含む矩形状にダイシングソーを用いて光導波回路を切り出す。

【0029】なお、あらかじめSi基板に光ファイバの接続に用いるV溝をエッチングにより形成させておくことにより、ファイバの位置合わせ、部品作製工程減を図れ、接続工程の簡素化が可能となる。

【0030】工業的に生産する場合には、たとえば3インチの基板全面に、たとえば1mmピッチの直交する網状の光導波路を形成した後、その光導波路に格子の交点を通る導波路に45度をなす溝を全面に加工する。そして、その溝のそれぞれに細長い半透過反射膜リボンを挿入して接着固定し、これをダイシング用支持膜に張りつけ、ダシシングソーで格子の中間点を通る導波路に直角(平行)直線で切断して多数個の光分岐導波路を得ることができる。

【0031】また、半透過反射膜は、たとえばポリイミドフィルムや硝子フィルム等に多層干渉反射膜等の光学薄膜を蒸着、スペッタ等膜形成技術により形成することができる。45度半透過反射膜の形成には、空間光学系におけるハーフミラーの作製技術が利用される。

【0032】なお、上記した例の工程は、本素子作製の一つの例であり、固定順に変更、接着剤の塗布方法、導波路の材料、導波路形成方法はそれぞれの材料、目的仕様により変更しても、本発明の主旨を損なうものではない。

【0033】以上のようにして製造される光分岐導波路10においては、入射光INが第1の光導波路12aに

導波される。この入射光は、第1の光導波路12aを伝搬して溝14に挿入されている光学素子15に到達する。光学素子15では、導波光の一部が透過して再度第1の光導波路12bに導波され、その他端面から第1の分岐光DO1として出射される。また、残りの導波光の一部あるいは全部は、光学素子15で反射されて第2の光導波路13に導波され、その他端面から第2の分岐光DO2として出射される。

【0034】以上説明したように、本実施形態によれば、使用波長に透明な基板11に対して、直線状をなす2本の第1および第2の光導波路12、13を、所定の角度で交差させて形成し、第1の光導波路12と第2の光導波路13との交差領域を含むように、光導波路と所定の角度をなし、深さが第1および第2の光導波路12、13の深さ以上に設定した溝14を形成し、溝14には、少なくとも溝14の第1の光導波路12と第2の光導波路13との交差領域を含むように、第1の光導波路12aを導波された入射光の一部を透過させて第1の光導波路12bに導波させるとともに、入射光の一部を反射して第2の光導波路13に導波させる部分反射・部分透過機能を有する光学素子15を挿入したので、Y分岐導波路のように複雑なテーパ形状の光導波路部分、大半径の曲線導波路部分を要せず、光出力端部は光ファイバが接続できるように分離され、形状は従来の部品に較べ小型になる。

【0035】また、反射膜を挿入する溝は約 $30\mu\text{m}$ 幅であり、導波路幅 $5\sim10\mu\text{m}$ 、光ファイバ径 $125\mu\text{m}$ とすれば、その作業性を考慮しても、 $1\text{mm}$ 角以下の部品とすることができます。極限として、接続する光ファイバの径に相当する $125\mu\text{m}$ 角の小型の部品とすることができます。これは、従来の分岐基板の $1/100$ 以下の大きさとなり、一枚の材料基板から製作される部品数はその逆数倍になり、一個当たりのコストは大きく低減する。また、比較的大きな交差角で製作されることから、分岐部の形状は比較的容易に得られる。また、損失、分岐比といった部品の特性は、部分透過・部分反射膜に依存することから、特性の管理が容易になる。

【0036】また、外部回路との接続は、上記のように光ファイバを直接接続することが可能であり、さらに、基板端面の導波路開口に直接受光素子や発光素子を接着することも可能である。また、本基板は比較的小さいことから、取り扱いを容易にするために、この基板を支えるこの基板より大きく安価な支持基板にこの基板を固定して、その支持基板にV溝を設けて光ファイバを接続したり、その支持基板に受光素子や発光素子を固定して、導波路と固定することも可能である。勿論、その支持基板に電気配線を設けて受発光ユニットとすることもできる。

【0037】さらに、本光分岐導波路は、その機能の基本となる $1\times2$ の光分岐導波路回路として用いられるこ

とは当然であるが、この機能を基板上に複数配置した $1\times N$ の光分岐導波路回路、他の光導波路回路と複合した光導波路回路、これに電気光学効果、圧電効果、表面弾性波効果を利用した光機能デバイスにも利用できる。

【0038】また、この技術の最も効果的な実施形態は、直交導波路とこれに $45^\circ$ 度に交差する半透過・半反射膜からなる光 $3d$ B分岐基板である。この場合、入出力の光ファイバが接続される辺は直交または平行な正方形（矩形）となり、光ファイバの接続も容易である。

10 【0039】なお、上述した実施形態においては、 $1\times2$ の光分岐導波路について述べたが、たとえば図3に示すような $1\times4$ の光分岐導波路20、あるいは図4に示すようなマッハツェンダ型光変調器30、あるいは他の従来の光導波路回路と一枚の基板の中で組み合わせた光導波路回路を構成することができる。

10 【0040】図3に示す $1/4$ 光分岐導波路20において、21は基板、22a、22b、22c、23a-1、23a-2、23a-3、23a-4、23b-1、23b-2は光導波路、24a～24eは溝、および25a～25cは光学素子としての半透過反射膜、25d、25eは光学素子としての反射膜をそれぞれ示している。この $1/4$ 光分岐導波路20では、光導波路の交差角は $90^\circ$ 度で、溝24a～24eは直交導波路と $45^\circ$ 度の角度をもって形成されている。

20 【0041】この $1/4$ 光分岐導波路20においては、入射光INが光導波路22aに導波される。この入射光は、光導波路22aを伝搬して溝24aに挿入されている光学素子としての半透過反射膜25aに到達する。半透過反射膜25aでは、導波光の一部が透過して（直進して）光導波路22bに導波され、残りの導波光の一部または全部は反射されて光導波路23a-1に導波される。半透過反射膜25aを透過した導波光は光導波路22bを伝搬して溝24bに挿入されている半透過反射膜25bに到達する。そして、半透過反射膜25bでは、導波光の一部が透過して（直進して）光導波路22cに導波され、その他端面から第1の分岐光DO1として出射される。また、光導波路22bの残りの導波光の一部または全部は半透過反射膜25bで反射されて光導波路23b-1に導波され、溝24eに挿入されている反射膜25eに到達し、ここで反射されて光導波路23b-2に導波されて、その他端面から第2の分岐光DO2として出射される。

30 【0042】また、半透過反射膜25aで反射され光導波路23a-1に導波された光は、溝24cに挿入されている半透過反射膜25cに到達する。そして、半透過反射膜25cでは、導波光の一部が透過して（直進して）光導波路23a-2に導波され、その他端面から第3の分岐光DO3として出射される。また、光導波路23a-1の残りの導波光の一部または全部は半透過反射膜25cで反射されて光導波路23a-3に導波され、

溝24dに挿入されている反射膜25dに到達し、ここで反射されて光導波路23a-24に導波されて、その他端面から第4の分岐光D04として出射される。

【0043】以上のように、本発明に係る光分岐導波路を用いて、小型化を実現でき、従来と略同一のプロセスで高い収量が得られ、また設備の一素子当たりの稼働効率が向上し、さらには歩留りを向上でき、低コスト化を実現できる等の利点を有する1/4光分岐導波路20を構成することができる。

【0044】また、図4に示すマッハツエンダ型光変調器30において、31はたとえば電気光学効果を有する基板、32a、32b、33a～33dは光導波路、34a～34dは溝、35a、35dは光学素子としての半透過反射膜、35b、35cは光学素子としての反射膜、および36a～36cは電極をそれぞれ示している。このマッハツエンダ型光変調器30においても、光導波路の交差角は90度で、溝34a～34dは直交導波路と45度の角度をもって形成されている。

【0045】マッハツエンダ型光変調器30においては、入射光INが光導波路32aに導波される。この入射光は、光導波路32aを伝搬して溝34aに挿入されている光学素子としての半透過反射膜35aに到達する。半透過反射膜35aでは、導波光の一部が透過して(直進して)光導波路32bに導波され、残りの導波光の一部または全部は反射されて光導波路33aに導波される。半透過反射膜35aを透過した導波光は、光導波路32bを伝搬して溝34bに挿入されている反射膜35bに到達し、ここで反射されて光導波路33bに導波され、光導波路33bを伝搬して半透過反射膜35dに到達する。また、半透過反射膜35aで反射され光導波路33aに導波された光は、光導波路33aを伝搬して溝34cに挿入されている反射膜35cに到達し、ここで反射されて光導波路33cに導波され、光導波路33cを伝搬して半透過反射膜35dに到達する。そして、半透過反射膜35dでは、光導波路33bの伝搬光の一部が反射されて光導波路33dに導波され、また光導波路33cの伝搬光の一部が透過して(直進して)光導波路32dに導波される。すなわち、光導波路33bの伝搬光と光導波路33cの伝搬光とが合波される。

【0046】ところで、マッハツエンダ型光変調器30では、たとえば電極36aと電極36bとの間、または電極36cと電極36bとの間に所定の電圧が印加される。これにより、基板31において電気光学効果が発現され、光導波路32bまたは光導波路33cの屈折率が変化して半透過反射膜35aで2つに分岐された光に対して、半透過反射膜35dに到達するまでの光路差、すなわち位相差が与えられる。この位相差が与えられた2つの光が半透過反射膜35dで合波されて、変調光MOとして出射される。

【0047】以上のように、本発明に係る光分岐導波路

を用いてマッハツエンダ型光変調器30が構成できる。

#### 【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、従来の光分岐導波路に較べ小さくでき、ひいては光導波路部品の小型化を実現できる。その結果、従来と略同一のプロセスで高い収量が得られ、また設備の一素子当たりの稼働効率が向上し、低コスト化を実現できる。また、小型化によりプロセスの均一性の要求度が、従来の分岐に比較して低下し、その結果歩留りが向上し、この点でも低コスト化を実現できる。また、鋭い屈曲部、曲線部がないことから、ホトリソグラフィ工程の加工精度が緩和され、設備の低価格化、歩留りの向上によりコストを低減できる。さらに、分岐特性が導波路の複雑な形状に依存せず、別プロセスで製作される光学薄膜に依存するので、特性の管理が容易で、特性の均一化、性能の向上を図れる利点がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光分岐導波路の実体構成を示す斜視図である。

【図2】本発明に係る光分岐導波路の実体構成を示す上面図である。

【図3】本発明に係る光分岐導波路の応用例を示す図で、1×4光分岐導波路の一例を示す図である。

【図4】本発明に係る光分岐導波路の応用例を示す図で、マッハツエンダ型光変調器の構成例を示す図である。

【図5】Y分岐導波路の構成例を示す図である。

【図6】Y分岐導波路の長さ特性を説明するための図である。

#### 【符号の説明】

10…光分岐導波路

11…基板

12, 12a, 12b…第1の光導波路

13…第2の光導波路

14…溝

15…部分反射・部分透過機能を有する光学素子

20…1/4光分岐導波路

21…基板

22a, 22b, 22c, 23a-1, 23a-2, 23a-3, 23a-4, 23b-1, 23b-2…光導波路

24a～24e…溝

25a～25c…光学素子としての半透過反射膜

25d, 25e…反射膜

30…マッハツエンダ型光変調器

31…基板

32a, 32b, 33a～33d…光導波路

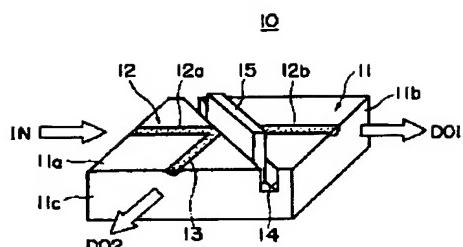
34a～34d…溝

35a, 35d…光学素子としての半透過反射膜

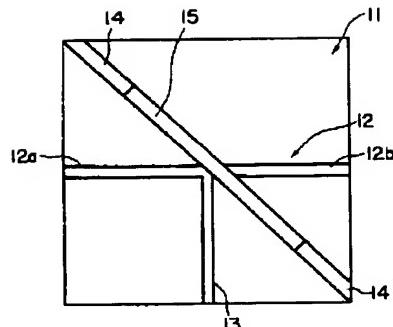
35b, 35c…反射膜

36a～36c…電極

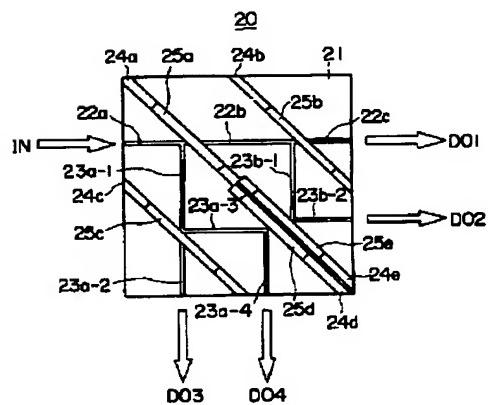
【図1】



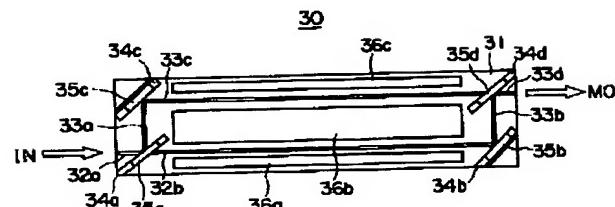
【図2】



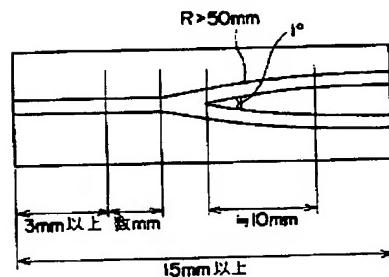
【図3】



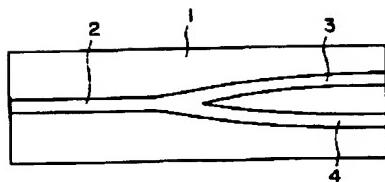
【図4】



【図6】



【図5】



フロントページの続き

(72) 発明者 牛島 慎二  
茨城県つくば市和台25 エヌオーケー株式  
会社内